

# 高温切削における加工変質層に関する研究 (第1報)

谷 口 正 紀\*

## Study on Damaged Surface Layers in Hot Machining (1st Report)

Masaki TANIGUCHI

### Abstract

The surface treated by cutting with a cutting tool has a layer different from the inside, which is caused by forces acting on it, the heat generated and the heat applied to it, at the time.

We call this layer Damaged Surface Layers.

In this report, author makes examinations of Damaged Surface Layers of carbon steel by means of Local Electric Resistance Heating on which we reported in the previous paper.

### 1. 緒 言

完成した機器は部品の集合体であり、その部品の多くは機械加工によって作り出されている。いま切削加工について考えると、目的の部品をつくり出すとき、その仕上表面は切削工具を用いて被削材を変形し切りくずを出すことによってつくられる。この切りくず生成は被削材の塑性変形およびクラックの発生とその伝播という被削材の破壊現象である。いずれにしても刃物により切削された加工表面は、その時に作用する力や発生する熱および強制的に加えられる熱その他により内部と異なった層を形成する。このような層を加工変質層と呼んでいる。

この加工変質層については総括的な展望<sup>1)</sup>があり、その分類については、(1) 外的な元素の作用による変質、(2) 組織の変化による変質、(3) 応力を中心と考えた変質等に大別されている。

またいっぽうでは精密加工との関係<sup>2)</sup>についても検討が行なわれており、これについては得られた精度が長期間にわたり保証できるかという寸法安定性の問題は重要なことからである。さらにこれらに関する研究調査は表面特性研究調査分科会<sup>3)</sup> および加工変質層分科会<sup>4)</sup> で行なわれ、その報告とともにそれぞれに多数の文献が紹介されている。

本報告では加熱切削における加工変質層について先に発表した局部電気抵抗加熱法を用いて炭素鋼の場合について検討を行なう。

### 2. 実 験 条 件

実験に使用した機械、装置その他の条件はつぎのとおりである。

#### 2・1 機 械、装 置

本実験に使用した加熱方法は、局部電気抵抗加熱法でその概略を Fig. 1 に示す。セラミック工具は本実験の場合、加熱エネルギーの媒体として使用できないので、電極として編組銅線とタングステン棒 ( $\phi 3.2 \times 20$ ) を用いた。さらにこれを保持する支柱は絶縁材を用いクロススライドに対して絶縁した。旋盤は三菱製 HL-300G 型 高速旋盤でそのほか山菱製定電流加熱装置、西原式金属摩耗試験機、微小硬度計、東京精密製表面あらさ測定機サーフコム20B 等を使用した。

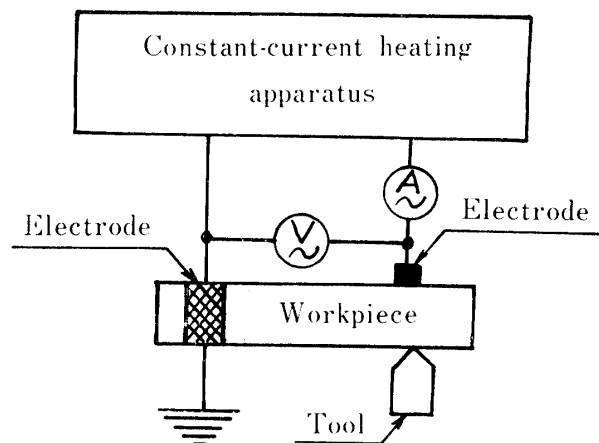


Fig. 1 Local electric resistance heating apparatus

\* 工業短期大学部機械工学科

2・2 工 具

工具はクランプ式でチップ材種はセラミックおよび超硬合金である。いずれも A, B の国産 2 社のものを使用した。形状は 12.7 角, 4.8 厚, 0.8 R である。

2・3 被 削 材

S35C 材を 850°C に 2 時間保持し, その後は炉中冷却した。寸法は  $\phi 30 \times 170$  のものと外径 30mm, 内径 16mm, 幅 8 mm (転動疲労試験を行なったものは両側を 2 mm の面取りをした 4 mm 幅を用いた) でその化学成分および焼鈍硬度を Table 1 に示す。

Table 1 Chemical composition and Hardness of workpiece

C	Si	Mn	P	S	H <sub>v</sub>
0.34	0.29	0.60	0.002	0.012	175

3. 実 験 方 法

本加熱法はタングステンの加熱電極を工作物の外周にすべらせるため, 工作物の表面状態が電極との接触状態に影響をおよぼすので前加工はつぎの条件で行なった。すなわち切込み 0.2mm, 送り 0.03mm/rev, 削り速度 80~123m/min としチップは超硬合金を用いた。なおこの場合の仕上面あらさは 3~5  $\mu$  ( $R_{max}$ ) である。

切削条件はつぎのように変化させた。

切 込 み : 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 mm

送 り : 0.03, 0.045, 0.06 mm/rev

削り速度 : 27, 53, 123 m/min

加熱電流 : 0, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500A

本加熱法の発熱は通電時のジュール熱であるが, わずかに電極と被削材との間に生ずる摩擦熱が加わっている。しかし, いっぽうではチャックや被削材自身の回転によって強制的に空冷される。

つぎに切削条件による機械的性質の一つである転動疲労時間強度を調べるために西原式金属摩耗試験機を用いて潤滑状態で回転数 800rpm, 相対すべり速度 9%, 摩擦速度 1.26m/sec で給油はポンプ循環式で行なった。また潤滑は上部試験片の上から常温の軽油を給油した。ピッチング発生時期の決定は Fig. 2 のような疲労による表面クラックが生じたときとした。なお加熱切削した後および転動疲労試験終了後試料を軸に直角に切断し, 微小硬度計を用いて試料表面からの硬度を測定し加工硬化の状態を調べた。

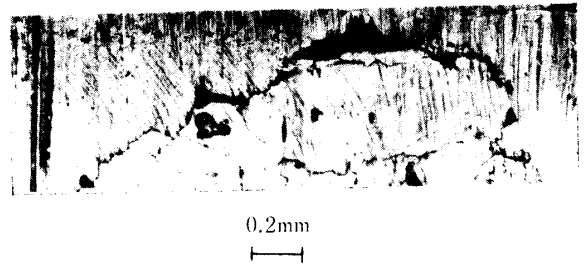


Fig. 2 Photograph of cracks on the surface of specimen

4. 実験結果および考察

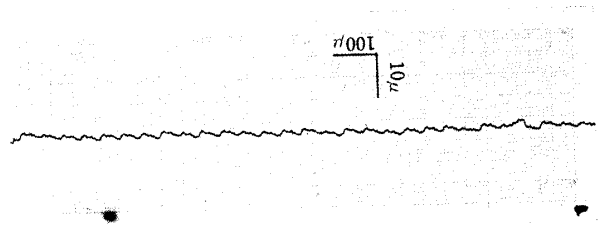


Fig. 3 Surface roughness of workpiece

Current : 350A

Cutting speed : 127m/min

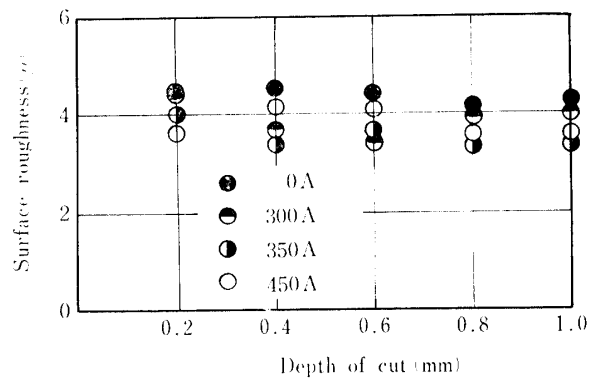


Fig. 4 Relationship between depth of cut and surface roughness

Cutting speed : 160m/min

Feed : 0.06mm/rev

Fig. 3 は加熱切削後の表面あらさ曲線の一例を示す。被削材の表面あらさは切削条件により Fig. 4 のように 3~4  $\mu$  程度になり, 加熱電極附近に切りくずが集らなければ良い仕上面となるが, 電極に切りくずが巻きついて微細な粉末状のものがとび散るようになると切削仕上面を荒くする。その状況は肉眼でも観察できるし, あらさ曲線をとれば明瞭である。特に電極の接触状態が悪いときはスパークが発生していっそう表面状態を悪化させる。削り速度 100m/min 以上の場

合には光沢ある面となり, Fig. 4 は送り量が  $0.06\text{mm/rev}$  の場合であるが, 送り量が  $0.03\text{mm/rev}$  で削り速度が  $160\text{m/min}$  のときには加熱切削したもののあさは  $2\mu$  程度となった。

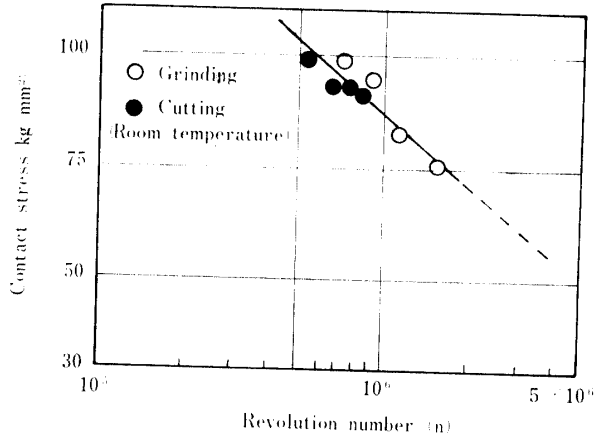


Fig. 5 Effect of contact stress on the fatigue life of specimens

つぎに Fig. 5 は表面あらし  $3\mu$  に研削したものについて今後通電切削条件の転動疲労耐久限度におよぼす影響を検討するための予備実験として行なったものであるが, この程度の表面あらしでは転動疲労には差は認められないようである。

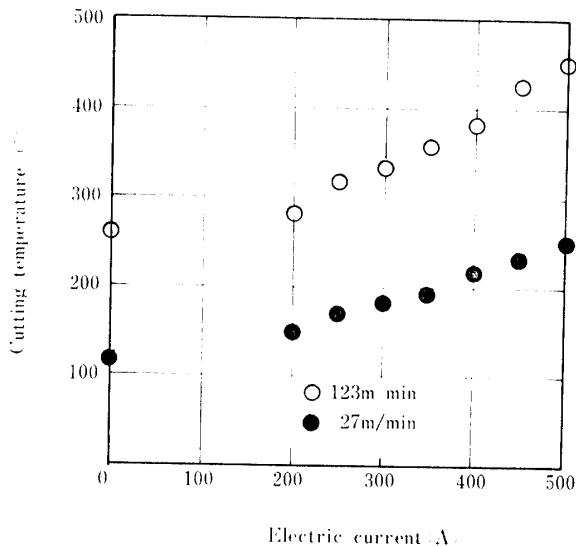


Fig. 6 Relationship between electric current and cutting temperature

つぎに切削温度については加熱電流を  $0$  から  $500\text{A}$  まで変えたときの推定の切削温度をさきに報告<sup>5)</sup>したものに  $450\text{A}$  と  $500\text{A}$  とを加えて Fig. 6 に示す。これは切削の場合, 最高温度の位置<sup>6)</sup> がすくい面上において

刃先よりいくらか後方にあることから一定温度に保持できる小型電気炉を用いて予備実験を行ない刃先から  $0.4\text{mm}$  のところの温度を切削温度とした。  $0.4\text{mm}$  とした理由は刃先からの距離を変えて測定した温度分布曲線を延長して求めた  $0.4\text{mm}$  において推定温度と加熱温度が一致したので, これを切削温度とした。なおこれはすくい面の摩耗 (クレータ) においても刃先より内側の方が摩耗することと非常に関連があると考えられる。

本加熱法の場合  $250\text{A}$  まではタングステン電極は赤熱しないがそれ以上になると鮮明に赤熱する。なお加熱に際してはタングステン電極を Fig. 1 に示すように被削材に密着させてバイトよりわずかに前に電極をすべらせることができるだけ両者を近づけて通電した。

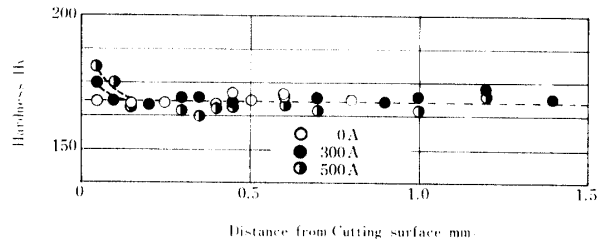


Fig. 7 Vickers hardness distribution of cutting surface  
Cutting speed :  $27\text{m/min}$

Fig. 7 は常温切削および加熱切削をしたときの表面よりの硬度の変化状況を示す。加熱電流の増加につれて明らかに加工硬化層の形成されることが観察されるが,  $400\text{A}$  をこえると表層より,  $0.15\text{mm}$  程度まで硬化している。これは切削温度が加熱切削の場合, 削り速度  $123\text{m/min}$  のとき常温切削より  $200^\circ\text{C}$  近く, また  $27\text{m/min}$  では  $100^\circ\text{C}$  以上上昇し, 強制的に空冷されるためと考えられる。つぎに Fig. 8 に各接触応力に対

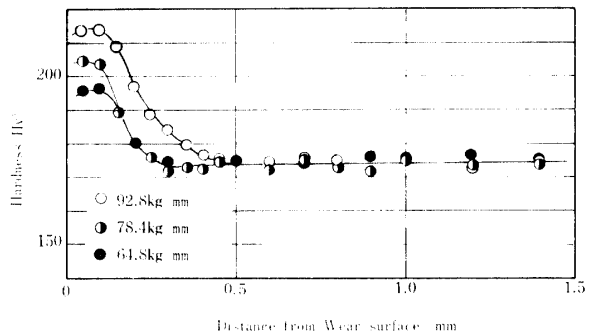


Fig. 8 Vickers hardness distribution below a contact surface

する試験後の接触面下における基地硬度変化の一例を示す。

これより接触応力の大きいほど硬度の上昇が大きくなり、また最高硬度を示す深さは深くなる傾向を示すが、その位置は接触面下0.10~0.20mmであった。つぎに各試験片の最高基地硬度と試験前の基地硬度との差を加工硬化度  $\Delta H_V$  として接触応力と  $\Delta H_V$  との関係を図9に示す。実験値には多少のばらつきはあるが接触応力の増大にともない  $\Delta H_V$  は増加している。

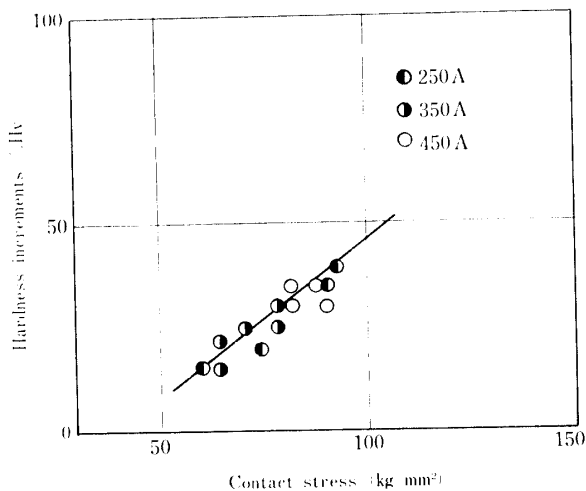


Fig. 9 Effect of contact stress on hardness increments of specimens

Fig. 7 の条件では  $\Delta H_V$  は300 A のとき 5 で500 A の

とき12となった。この場合の切削温度の上昇は常温切削の場合よりそれぞれ  $60^\circ\text{C}$ 、 $130^\circ\text{C}$  であった。

## 5. 結 言

以上の結果よりつぎのことがわかった。

(1) 炭素鋼 S35C を通電加熱切削した場合、表層より0.15mm程度まで硬化している。その加工硬化度は加熱温度の上昇とともに増大している。

(2) 接触応力の繰返しによる加工硬化度は接触応力の大きいほど大きく、その位置は接触面下0.10~0.20mmのところにある。

(3) 研削加工および常温切削したものの表面あらかの違いが、転動疲労におよぼす影響を調べたが2~6  $\mu$ まではあらかの差異は認められないようである。

おわりに本研究に機器の提供と助言を戴いた本学福井助教授に心から謝意を表す。

## 参 考 文 献

- 1) 松永正久：機械の研究，22，17 (1969)
- 2) 藤原晴夫：同上，24，1161 (1972)
- 3) 岡村他：精密機械，38，321 (1972)
- 4) 松永他：同上，38，759 (1972)
- 5) 谷口他：同上，32，275 (1966)
- 6) 精密工作便覧，コロナ社，(1964) p.49

(昭和49年4月13日受理)